



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift** ⑩ **DE 199 07 024 A 1**

⑤① Int. Cl. 7:
G 01 S 5/10
H 04 B 7/26
H 01 Q 1/36
H 01 Q 21/20

⑳ Aktenzeichen: 199 07 024.5
㉔ Anmeldetag: 19. 2. 1999
㉕ Offenlegungstag: 7. 9. 2000

⑦① Anmelder:
geometrie concern Verwaltungs- und
Beteiligungsgesellschaft mbH, 97209
Veitshöchheim, DE

⑦④ Vertreter:
Patentanwälte Böck + Tappe Kollegen, 97074
Würzburg

⑦② Erfinder:
Angermeier, Rüdiger, 97222 Rimpar, DE; Schraud,
Ernst, 97941 Tauberbischofsheim, DE

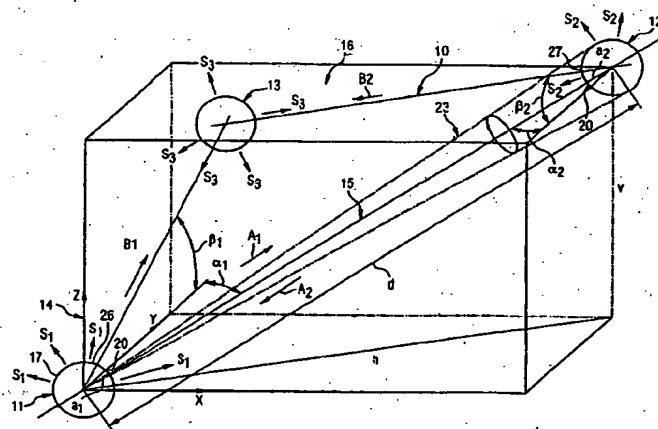
⑤⑥ Entgegenhaltungen:
DE 196 47 098 A1
DE 43 14 216 A1
DE 41 42 403 A1
DE 39 32 029 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ **Verfahren und Vorrichtung zur Positionsbestimmung**

⑤⑦ System und Verfahren zur Bestimmung der Position einer beliebig im Raum angeordneten Sende-/Empfangs-Einrichtung (13) gegenüber zumindest zwei definiert zueinander im Raum angeordneten Sende-/Empfangs-Einrichtungen (11, 12) mit zumindest drei Sende-/Empfangs-Einrichtungen (11, 12, 13), die jeweils eine Antenneneinrichtung mit einer Vielzahl in definierter Verteilung auf einer Kugeloberfläche (17) angeordneter Antenneneinheiten (20, 26, 27) und eine Signalerzeugungseinrichtung aufweisen, von denen zwei Sende-/Empfangs-Einrichtungen (11, 12) als zumindest temporär ortsfest in einem lokalen Koordinatenraum (16) angeordnete Einrichtungen ausgeführt sind und die weitere Sende-/Empfangs-Einrichtung (13) relativ zu den Einrichtungen bewegbar ist.



DE 199 07 024 A 1

DE 199 07 024 A 1

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Positionsbestimmung gemäß dem Anspruch 1 sowie ein System zur Anwendung des Verfahrens und Bestimmung der Position einer beliebig im Raum angeordneten Sende-/Empfangs-Einrichtung gegenüber zumindest zwei definiert zueinander im Raum angeordneten Sende-/Empfangs-Einrichtungen gemäß dem Anspruch 2. Darüber hinaus betrifft die vorliegende Erfindung eine Sende-/Empfangs-Einrichtung für ein System zur Positionsbestimmung gemäß dem Anspruch 3.

Verfahren und Vorrichtungen zur Positionsbestimmung, bei denen eine Richt- oder Peilantenne verwendet wird und die Positionierung sich infolge der Ausrichtung der Antenne gegenüber einem Sender in Abhängigkeit von dem maximalen Empfangssignal ergibt, sind hinlänglich bekannt. Bei derartigen Verfahren oder Vorrichtungen ist es jedoch erforderlich, daß eine Einrichtung vorgesehen wird, die eine Ausrichtung bzw. Nachführung der Richtantenne in Abhängigkeit von der Feldstärke des empfangenen Signals durchführt. Aufgrund der hierdurch erforderlichen mechanischen Einrichtungen eignen sich derartige Vorrichtungen in der Regel nicht zu einer Miniaturisierung.

Abweichend von den vorgenannten Vorrichtungen, die noch mit einem vergleichsweise geringen apparativen Aufwand realisierbar sind, sind auch sogenannte "Satelliten-Positionierungssysteme" bekannt, die auch als "Global Positioning Systems" (GPS) bezeichnet mittlerweile Einzug in Alltagsanwendungen, wie beispielsweise als Fahrzeug-Navigationssysteme, gefunden haben.

Diese Systeme zeichnen sich jedoch durch einen insgesamt enormen apparativen Aufwand aus. Darüber hinaus sind GPS-Einrichtungen zur Positionsbestimmung in geschlossenen Räumen häufig nicht geeignet, insbesondere dann, wenn es sich um Räume mit massiven Wandungen, also Betonbauten oder Unterflurbauten, handelt.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren bzw. eine zur Durchführung des Verfahrens geeignete Vorrichtung vorzuschlagen, die eine Positionsbestimmung mit minimalem, leicht miniaturisierbarem apparativen Aufwand ermöglicht, und das bzw. die auch innerhalb geschlossener Räume nutzbar ist.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Das erfindungsgemäße Verfahren umfaßt die Verfahrensschritte:

- Definition eines lokalen Koordinatenraums durch Anordnung von zumindest zwei Sende-/Empfangs-Einrichtungen mit einer Vielzahl von Antenneneinheiten, die in definierter Verteilung auf einer Kugeloberfläche der Sende-/Empfangs-Einrichtungen angeordnet sind, im Raum, derart, daß sich die Sende-/Empfangs-Einrichtungen mit bekanntem horizontalem und vertikalem Abstand in definierter Relativanordnung befinden,
- Emission eines Signals S1 über die Antenneneinheiten der ersten Sende-/Empfangs-Einrichtung und Empfang des Signals S1 über die Antenneneinheiten der zweiten Sende-/Empfangs-Einrichtung, Ermittlung des Abstandsvektors zwischen der ersten Sende-/Empfangs-Einrichtung und der zweiten Sende-/Empfangs-Einrichtung durch Bestimmung der Antenneneinheit der zweiten Sende-/Empfangs-Einrichtung mit maximaler Empfangsstärke des Signals und Emission eines Signals S2 über die Antenneneinheiten der zweiten Sende-/Empfangs-Einrichtung und Empfang des Si-

gnals S2 über die Antenneneinheiten der ersten Sende-/Empfangs-Einrichtung sowie Ermittlung des Abstandsvektors zwischen der zweiten Sende-/Empfangs-Einrichtung und der ersten Sende-/Empfangs-Einrichtung durch Bestimmung der Antenneneinheit der ersten Sende-/Empfangs-Einrichtung mit maximaler Empfangsstärke des Signals,

- Positionsbestimmung einer dritten, beliebig im lokalen Koordinatenraum angeordneten Sende-/Empfangs-Einrichtung durch Emission eines Signals S3 über die Antenneneinheiten der dritten Sende-/Empfangs-Einrichtung und Empfang des Signals S3 über die Antenneneinheiten der ersten und zweiten Sende-/Empfangs-Einrichtung, Bestimmung der Antenneneinheiten der ersten und zweiten Sende-/Empfangs-Einrichtung mit maximaler Empfangsstärke des Signals, Ermittlung der Richtungsvektoren zwischen der ersten und der dritten Sende-/Empfangs-Einrichtung und der zweiten und der dritten Sende-/Empfangs-Einrichtung sowie Bestimmung des Schnittpunkts der Richtungsvektoren zur Bestimmung der Position der dritten Sende-/Empfangs-Einrichtung.

Das erfindungsgemäße System zur Positionsbestimmung weist die Merkmale des Anspruchs 2 auf.

Das erfindungsgemäße System zur Bestimmung der Position einer beliebig im Raum angeordneten Sende-/Empfangs-Einrichtung gegenüber zumindest zwei definiert zueinander im Raum angeordneten Sende-/Empfangs-Einrichtungen gemäß dem Verfahren nach Anspruch 1 umfaßt zumindest drei Sende-/Empfangs-Einrichtungen, wobei die Sende-/Empfangs-Einrichtungen jeweils eine Antenneneinrichtung mit einer Vielzahl in definierter Verteilung auf einer Kugeloberfläche angeordneten Antenneneinheiten und eine Signalerzeugungseinrichtung, wobei zwei Sende-/Empfangs-Einrichtungen als zumindest temporär ortsfest in einem lokalen Koordinatenraum angeordnete Einrichtungen ausgeführt sind und die weitere Sende-/Empfangs-Einrichtung relativ zu den Einrichtungen bewegbar ist.

Zum Aufbau des erfindungsgemäßen Systems nach Anspruch 2 dient eine Sende-/Empfangs-Einrichtung mit einer Trägereinrichtung zur Anordnung einer Vielzahl von Antenneneinheiten einer Antenneneinrichtung auf einer Kugeloberfläche, einer Signalerzeugungseinrichtung und einer Prozessoreinrichtung, wobei die Signalerzeugungseinrichtung in Abhängigkeit von der Prozessoreinrichtung Signale erzeugt, und die Prozessoreinrichtung durch Vergleich der Empfangsstärken der Signale die Antenneneinheit der Antenneneinrichtung mit der maximalen Empfangsstärke ermitteln kann.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Positionsbestimmung nach Anspruch 1 ermöglicht die vom inertialen System unabhängige Definition eines lokalen Koordinatensystems durch zwei Sende-/Empfangs-Einrichtungen und die räumliche Lagebestimmung einer dritten Sende-/Empfangs-Einrichtung innerhalb des lokalen Koordinatenraums. Hiermit sind exakte Positionsbestimmungen unabhängig von einem äußeren System möglich, so daß Einschränkungen bei der Durchführung des Verfahrens, wie sie beispielsweise beim GPS vorliegen und bereits vorstehend geschildert wurden, nicht gegeben sind.

Da das erfindungsgemäße Verfahren auf eine Ausrichtung einer Antenneneinheit entsprechend einer maximalen Signalstärke verzichtet und statt dessen eine Vielzahl von auf einer Kugeloberfläche angeordneten Antenneneinheiten zur Definition eines Positionssignals verwendet, indem diejenige Antenneneinheit ermittelt wird, die das maximale Empfangssignal aufweist, kann eine einfache und unverän-

derbare Anordnung der Antenneneinheiten gewählt werden, wodurch der mechanische Aufbau des Systems und der jeweiligen Sende-/Empfangs-Einrichtung erheblich vereinfacht wird und eine Miniaturisierung leicht durchführbar ist. Für die im System zur Positionsbestimmung verwendeten Sende-/Empfangs-Einrichtungen sind unterschiedliche Ausführungsvarianten denkbar, je nach dem, ob es ausreichend ist, lediglich die Position einer dritten Sende-/Empfangs-Einrichtung gegenüber zwei raumfest angeordneten Sende-/Empfangs-Einrichtungen zu bestimmen, oder ob die dritte Sende-/Empfangs-Einrichtung als aktive mobile Sende-/Empfangs-Einrichtung ausgebildet ist, die aktiv die jeweilige Position erfaßt, um eine zurückgelegte Wegstrecke berechnen zu können.

Nachfolgend wird das erfindungsgemäße Verfahren sowie ein zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignetes System unter Verwendung von geeigneten Sende-/Empfangs-Einrichtungen anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Positionsbestimmungssystem mit drei Sende-/Empfangs-Einrichtungen;

Fig. 2 eine Sende-/Empfangs-Einrichtung;

Fig. 3 eine Sende-/Empfangs-Einrichtung als Funktionsschema;

Fig. 4 den Einsatz eines Positionsbestimmungssystems im Tunnelbau.

Fig. 1 zeigt ein Positionsbestimmungssystem 10 mit drei Sende-/Empfangs-Einrichtungen 11, 12 und 13, die in einem lokalen Koordinatensystem 14 angeordnet sind. Auf einer Raumdiagonalen 15 sind die beiden Sende-/Empfangs-Einrichtungen 11 und 12 in einem bekannten Abstand d angeordnet und definieren im vorliegenden Fall diagonal einander gegenüberliegende Eckpunkte eines lokalen Koordinatenraums 16. Der Abstand d ist definiert durch die horizontale Entfernung h und die vertikale Entfernung v der Sende-/Empfangs-Einrichtungen 11 und 12 voneinander.

Bei dem Verfahren zur Positionsbestimmung der beliebig im Koordinatenraum 16 angeordneten Sende-/Empfangs-Einrichtung 13 mittels des in Fig. 1 dargestellten Positionsbestimmungssystems 10 erfolgt zunächst eine Definition des Koordinatenraums 16 durch die Lage der Sende-/Empfangs-Einrichtungen 11 und 12. Hierzu wird von einer auf einer Kugeloberfläche 17 der Sende-/Empfangs-Einrichtung 11 angeordneten Antenneneinrichtung 18, die eine Vielzahl Antenneneinheiten 19 bis 22 umfaßt (Fig. 2), ein Signal S_1 emittiert. Wegen der Kugeloberfläche 17 der Antenneneinrichtung 18 erfolgt die Abgabe des Signals S_1 gleichmäßig in den die Kugeloberfläche 17 umgebenden Raum, so daß innerhalb eines von der Sende-/Empfangs-Einrichtung 11 emittierten Signalkegels 23 das Signal S_1 auch auf die Kugeloberfläche 17 der Sende-/Empfangs-Einrichtung 12 trifft. Entsprechend dem Oberflächenwinkel, mit dem das Signal S_1 auf die Kugeloberfläche 17 bzw. die auf der Kugeloberfläche 17 verteilt angeordneten Antenneneinheiten 19 bis 22 (Fig. 2) auftrifft, wird das Signal S_1 von den Antenneneinheiten 19 bis 22 mit unterschiedlicher Signalstärke empfangen. Die maximale Signalstärke liegt vor, wenn das Signal parallel zur Flächennormalen n (Fig. 2) auf die Oberfläche der Antenneneinheit 19 bis 22 auftrifft. Durch das maximale Empfangssignal ist die Antenneneinheit 20 der Sende-/Empfangs-Einrichtung 12 definiert, die auf der Raumdiagonalen 15 angeordnet ist. In entsprechender Weise, nämlich durch Emission eines zweiten Signals S_2 von der Antenneneinrichtung 18 der Sende-/Empfangs-Einrichtung 12 läßt sich die Antenneneinheit 20 der Sende-/Empfangs-Einrichtung 11 mit maximaler Stärke des Empfangssignals bestimmen, die ebenfalls auf der Raumdiagonalen 15 angeordnet ist. Über die beiden Antenneneinheiten 20, die auf der ge-

meinsamen Raumdiagonalen 15 angeordnet sind, ist somit die Position der im Koordinatenraum 16 fest angeordneten Sende-/Empfangs-Einrichtungen 11 und 12 zueinander definiert. Über die beispielsweise durch geodätische Messung definierten Abstandswerte h und v läßt sich nun der Abstandsvektor \vec{A}_1 bzw. \vec{A}_2 zwischen den Sende-/Empfangs-Einrichtungen 11 und 12 bestimmen.

Durch den Abstandsvektor \vec{A}_1 bzw. den Abstandsvektor \vec{A}_2 sind die relative Lage und Entfernung der Sende-/Empfangseinrichtungen 11 und 12 definiert und entsprechende Null- oder Bezugsrichtungen a_1 bzw. a_2 für beide Sende-/Empfangs-Einrichtungen 11 und 12 gegeben. Diese Bezugsrichtungen a_1 und a_2 sowie die Entfernung d zwischen den Sende-/Empfangs-Einrichtungen 11 und 12 werden in einer Speichereinrichtung 24 (Fig. 3) jeder Sende-/Empfangs-Einrichtung 11, 12 gespeichert.

Das in Fig. 1 dargestellte Positionsbestimmungssystem 10 umfaßt neben den raumfest angeordneten Sende-/Empfangseinrichtungen 11 und 12 die Sende-/Empfangs-Einrichtung 13, die beliebig und stationär im Raum 16 angeordnet ist. Wie die Sende-/Empfangs-Einrichtungen 11, 12 weist die Sende-/Empfangs-Einrichtung 13 auf einer Kugeloberfläche 17 eine Antenneneinrichtung 18 mit einer Vielzahl von Antenneneinheiten 19 bis 22 auf. Darüber hinaus ist die Sende-/Empfangs-Einrichtung 13 wie die Sende-/Empfangs-Einrichtungen 11, 12 mit einer Signalerzeugungseinrichtung 25 (Fig. 3) versehen, so daß von der Kugeloberfläche 17 der Sende-/Empfangs-Einrichtung 13 ein Signal S_3 gleichmäßig in den umgebenden Raum emittiert werden kann. Entsprechend den vorstehend bereits ausführlich erläuterten Zusammenhängen wird in Abhängigkeit von der maximalen Empfangsstärke des Signals der Richtung des Signals S_3 in den Sende-/Empfangs-Einrichtungen 11, 12 eine bestimmte Antenneneinheit 26 bzw. 27 definiert. Aus der bekannten Relativlage zwischen den Antenneneinheiten 20 mit der Null- oder Bezugsrichtung a_1 und a_2 der Sende-/Empfangs-Einrichtungen 11, 12 und den Antenneneinheiten 26 und 27 berechnet eine Prozessoreinrichtung der Sende-/Empfangs-Einrichtungen 11, 12 die jeweiligen Positionswinkel α_1 , β_1 und α_2 , β_2 . Damit sind die Richtungsvektoren B_1 und B_2 bekannt, deren Schnittpunkt die Position der dritten Sende-/Empfangs-Einrichtung 13 bestimmt.

Aus der vorliegenden Schilderung wird deutlich, daß die Sende-/Empfangs-Einrichtung 13 auch lediglich als Sende-einrichtung ausgebildet sein kann, um die Position der Einrichtung bestimmen zu können. Soll hingegen die Einrichtung 13 als aktive Einrichtung ausgebildet sein, die beispielsweise in Abhängigkeit von dem zurückgelegten Weg als Leiteinrichtung bestimmte Funktionen auslöst, ist es notwendig, die Einrichtung 13 nicht nur als Sendeeinrichtung sondern auch als Empfangseinrichtung auszubilden, um von den Einrichtungen 11 und 12 Informationen über die momentane Position zu erhalten und in Abhängigkeit hiervon entsprechende Signale zur Funktionsauslösung zu emittieren.

Das in Fig. 1 beispielhaft dargestellte Positionsbestimmungssystem 10 kann neben den Sende-/Empfangseinrichtungen 11 und 12 um weitere Sende-/Empfangseinrichtungen, die ebenfalls zur Bestimmung des Koordinatenraum 16 dienen, ergänzt werden. Durch eine derartige Überbestimmung des Koordinatenraums 16 kann einerseits die Genauigkeit der Positionierung der Sende-/Empfangseinrichtung 13 erhöht werden. Andererseits können etwaige Funktionsfehler einer oder gegebenenfalls mehrerer Sende-/Empfangseinrichtungen kompensiert werden.

Fig. 4 zeigt ein Beispiel für den Einsatz eines Positionsbestimmungssystems im Tunnelbau. Hierzu sind in Fig. 4 verschiedene Schnitte einer Tunnelröhre 32 dargestellt. Das

hier durch insgesamt vier raumfeste Einrichtungen 28, 29, 30 und 31 definierte Bezugssystem 51, das entsprechend der vereinfachten prinzipiellen Darstellung in Fig. 1 den lokalen Koordinatenraum definiert, erstreckt sich in Längsrichtung der Tunnelröhre 32. Weiterhin befinden sich zwei Systeme 33, 34 mit jeweils sieben Einrichtungen 35 bis 41 und 42 bis 48 in der Tunnelröhre 32. Des weiteren ist eine mobile Einrichtung 49 vorgesehen. Die Einrichtungen 35 bis 41 können als reine Sendeeinrichtungen oder auch als Send-/Empfangseinrichtungen ausgebildet sein und dienen zur Bestimmung von Deformationen im Bereich eines Tunnelröhrenschnitts 50 durch Kontrolle bzw. Erfassung der Positionsänderungen der einzelnen Einrichtungen. Das gleiche gilt für die Einrichtungen 42 bis 48, die nicht nur Deformationen im Tunnelprofil, sondern darüber hinaus auch relative Deformationen in Tunnelrichtung erfassen. Die mobile Einrichtung 49 hingegen ist als Send- und Empfangsrichtung ausgebildet und beispielsweise auf einer mobilen, in der Tunnelröhre 32 verfahrbaren Kommandoeinheit angeordnet, die ihrerseits Befehle an verschiedene Bearbeitungsvorrichtungen, wie beispielsweise eine Bohrlafette oder dergleichen, übermittelt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Positionsbestimmung im Raum aufweisend die Verfahrensschritte:

- Definition eines lokalen Koordinatenraumes (16) durch Anordnung von zumindest zwei Send-/Empfangs-Einrichtungen (11, 12) mit einer Vielzahl von Antenneneinheiten (19, 20, 21, 22, 26, 27), die in definierter Verteilung auf einer Kugeloberfläche (17) der Send-/Empfangs-Einrichtungen angeordnet sind, im Raum, derart, daß sich die Send-/Empfangseinrichtungen mit bekanntem horizontalen Abstand h und vertikalen Abstand v in definierter Relativanordnung befinden,
- Emission eines Signals S_1 über die Antenneneinheiten der ersten Send-/Empfangs-Einrichtung (11) und Empfang des Signals S_1 über die Antenneneinheiten der zweiten Send-/Empfangs-Einrichtung (12), Ermittlung des Abstandsvektors \vec{A}_1 zwischen der ersten und zweiten Send-/Empfangs-Einrichtung durch Bestimmung der Antenneneinheit (27) der zweiten Send-/Empfangs-Einrichtung (12) mit maximaler Empfangsstärke des Signals S_1 und Emission eines Signals S_2 über die Antenneneinheiten der zweiten Send-/Empfangs-Einrichtung (12) sowie Ermittlung des Abstandsvektors \vec{A}_2 zwischen der zweiten und der ersten Send-/Empfangs-Einrichtung durch Bestimmung der Antenneneinheit (26) der ersten Send-/Empfangs-Einrichtung (11) mit maximaler Empfangsstärke des Signals S_2 ,
- Positionsbestimmung einer dritten, beliebig im lokalen Koordinatenraum (16) angeordneten Send-/Empfangs-Einrichtung (13) durch Emission eines Signals S_3 über die Antenneneinheiten (19, 20, 21, 22) der dritten Send-/Empfangs-Einrichtung (13) und Empfang des Signals S_3 über die Antenneneinheiten der ersten und zweiten Send-/Empfangs-Einrichtung (11, 12), Bestimmung der Antenneneinheit (26, 27) der ersten Send-/Empfangs-Einrichtung (11) und der zweiten Send-/Empfangs-Einrichtung (12) mit maximaler Empfangsstärke des Signals S_3 , Ermittlung der Richtungsvektoren B_1 und B_2 sowie Bestimmung

des Schnittpunkts der Richtungsvektoren zur Bestimmung der Position der dritten Send-/Empfangseinrichtung (13).

2. System zur Bestimmung der Position einer beliebig im Raum angeordneten Send-/Empfangs-Einrichtung (13) gegenüber zumindest zwei definiert zueinander im Raum angeordneten Send-/Empfangs-Einrichtungen (11, 12) gemäß dem Verfahren nach Anspruch 1, mit zumindest drei Send-/Empfangs-Einrichtungen (11, 12, 13), die jeweils eine Antenneneinrichtung (18) mit einer Vielzahl in definierter Verteilung auf einer Kugeloberfläche (17) angeordneten Antenneneinheiten (19, 20, 21, 22) und eine Signalerzeugungseinrichtung (25) aufweisen, von denen zwei Send-/Empfangs-Einrichtungen (11, 12) als zumindest temporär ortsfest in einem lokalen Koordinatenraum (16) angeordnete Einrichtungen ausgeführt sind und die weitere Send-/Empfangs-Einrichtung (13) relativ zu den Einrichtungen bewegbar ist.

3. Send-/Empfangs-Einrichtung (11, 12, 13) für ein System zur Positionsbestimmung im Raum mit einer Trägereinrichtung zur Anordnung einer Vielzahl von Antenneneinheiten (19, 20, 21, 22) auf einer Kugeloberfläche (17), einer Signalerzeugungseinrichtung (25) und einer Prozessoreinrichtung, wobei die Signalerzeugungseinrichtung in Abhängigkeit von der Prozessor-einrichtung Signale erzeugt.

4. Send-/Empfangs-Einrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Prozessoreinrichtung zur Identifikation einer Antenneneinheit (19, 20, 26, 27) der Antenneneinrichtung (18) durch Vergleich der Empfangsstärke der von den Antenneneinheiten empfangenen Signale S_1 , S_2 , S_3 dient.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

FIG 3

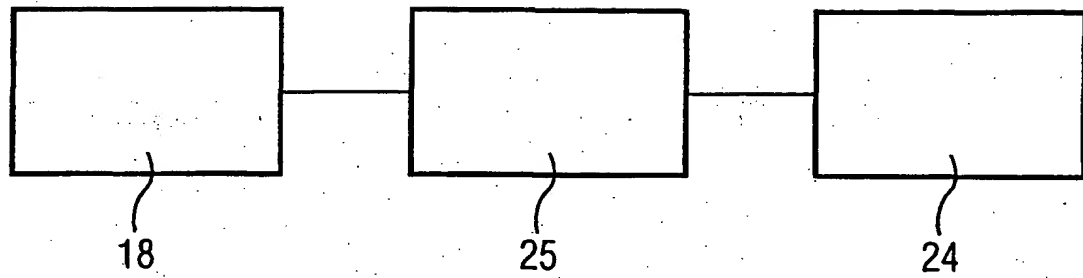


FIG 4

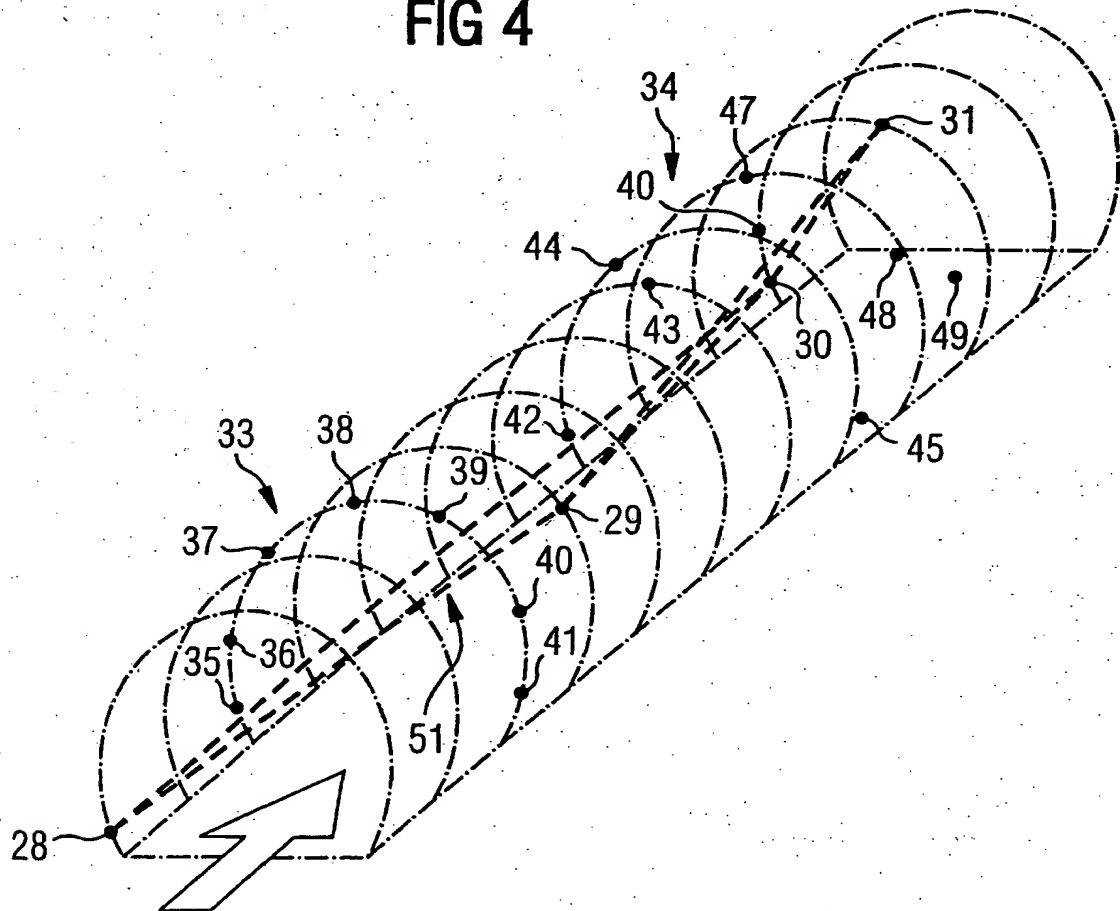


FIG 2

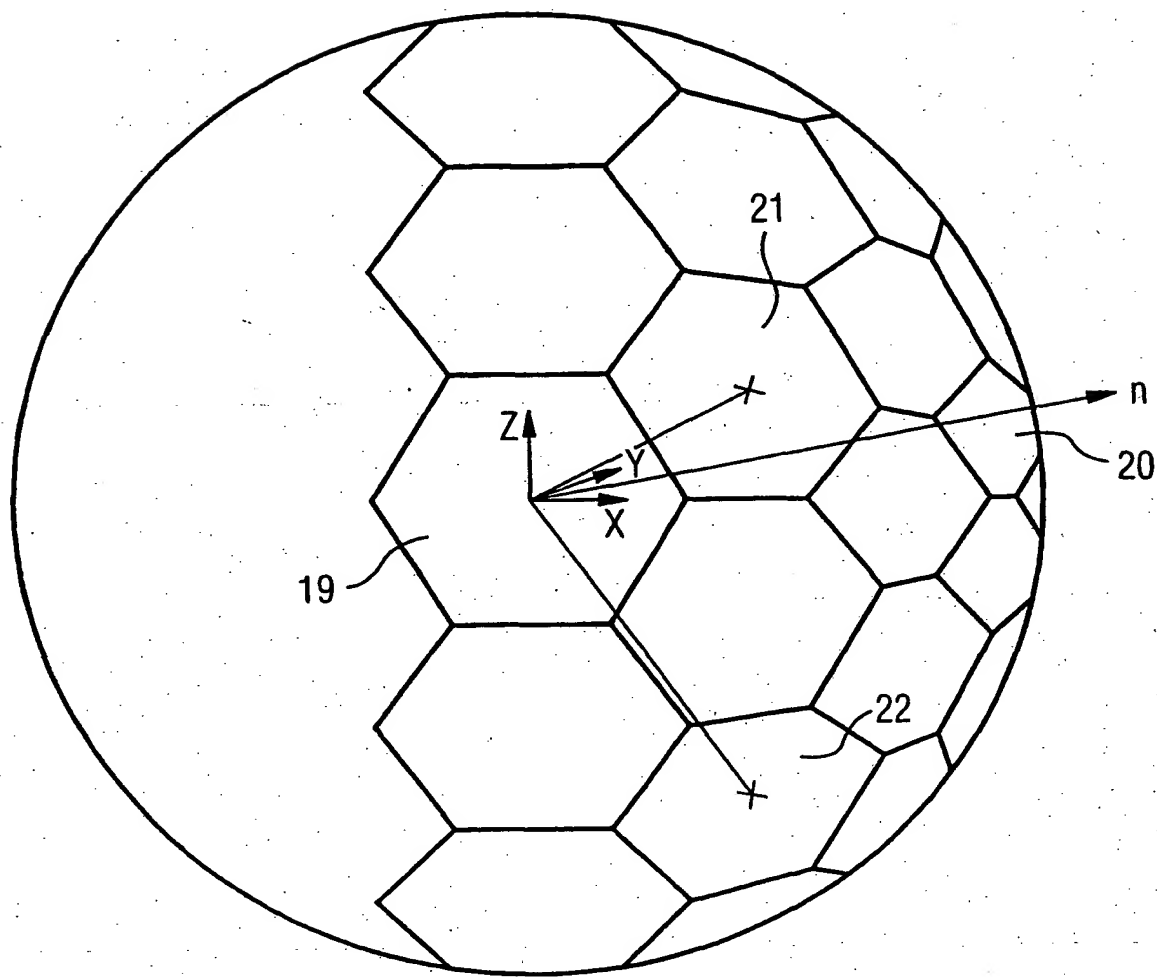
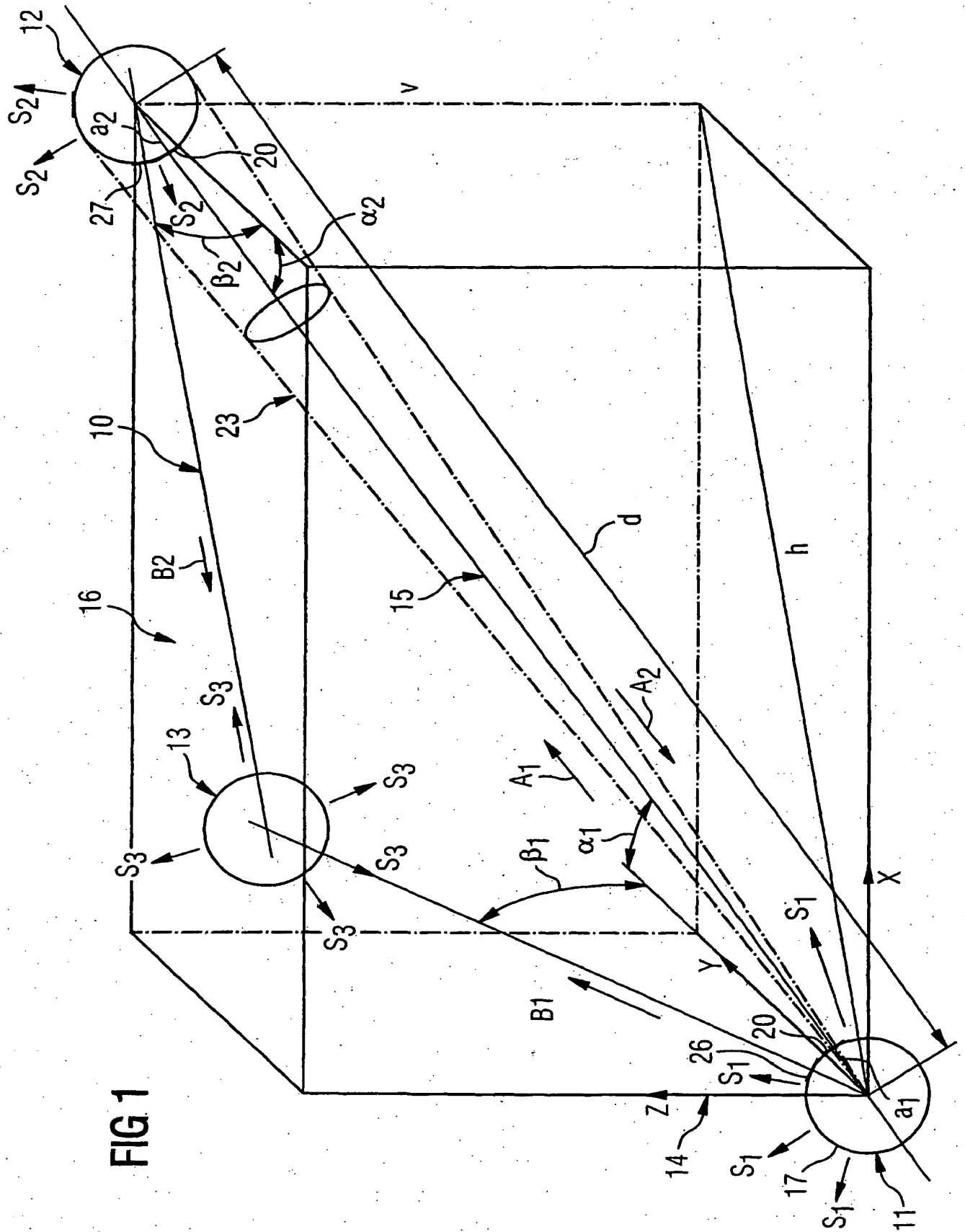


FIG 1



- Leerseite -